

УДК 574.2

## МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ОЛИГОХЕТАХ НИЖНЕГО ИРТЫША

Чемагин А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБУН «Тобольская комплексная научная станция» Уральского отделения РАН, Тобольск, e-mail: vodnie-ekosystemi.lab@yandex.ru

Исследовали наличие и концентрацию макро- и микроэлементов, включая тяжелые металлы, в представителях макрозообентоса Нижнего Иртыша. Исследования проводились в пределах Тобольского и Уватского районов Тюменской области. Объектами исследования являются одни из наиболее резистентных представителей донной биоты к антропогенному загрязнению – олигохеты *Limnodrilus hoffmeisteri* Claparède, *Tubifex tubifex* O.F. Müller. Методика химического анализа работы основана на атомно-эмиссионном методе с индуктивно-связанной плазмой. Определяли концентрацию элементов, их биотическую аккумуляцию, корреляционную связь химического состава организмов и донных отложений. Установлено, что в тканях исследуемых видов макрозообентоса присутствуют ионы тяжелых металлов: свинца и меди. Также в результате выполненной работы определили, что олигохеты являются макроконцентраторами для Cu и Na, деконцентраторами для K, Mg, Al и Pb. Методом корреляционного анализа установлена высоко значимая прямая зависимость химического состава олигохет и донных отложений (ранговая корреляция Спирмена 0,96 (p<0,05)).

Ключевые слова: донные отложения, олигохеты, макрозообентос, тяжелые металлы, Иртыш.

## MACRO AND MICRO ELEMENTS IN OLIGOCHAETES OF LOWER IRTYSH

Chemagin A.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tobolsk Complex Scientific Station UD RAS, Tobolsk, e-mail: vodnie-ekosystemi.lab@yandex.ru

Investigated presence and concentration of macro and micro elements (including heavy metals) in representatives of benthic fauna of the Lower Irtysh. Investigations were carried out within the Tobolsk and Uvat district of the Tyumen region. The objects of research are some of the most resistant representatives of benthic biota to anthropogenic pollution – oligochaetes *Limnodrilus hoffmeisteri* Claparède, *Tubifex tubifex* O. F. Müller. A method of chemical analysis of the work is based on atomic emission method with inductively coupled plasma. Determined are concentration of elements, their biotic accumulation, correlation of the chemical composition of organisms and bottom sediment. It is found that in tissues studied species of benthic fauna contains ions of heavy metals: lead and copper. A result of the work performed determined that oligochaetes are macroconcentrators for Cu and Na, deconcentrators for K, Mg, Al and Pb. The method of correlation analysis established a highly significant direct correlation of the chemical composition of oligochaetes and bottom sediments (Spearman rank correlation 0,96 (p<0,05)).

Keywords: bottom sediments, oligochaetes, macrozoobenthos, heavy metals, Irtysh.

Река Иртыш это самый длинный приток в мире. Площадь водосбора Иртыша 1 643 000 км<sup>2</sup> и охватывает 5 субъектов РФ, республику Казахстан и КНР. Сток Иртыша формируется на территории 4 государств: Китая, Монголии, Казахстана, России [1].

В таких крупных реках, как Иртыш, скорость течения может достигать более 1 м/с, из-за этого здесь не формируется значительных скоплений зоопланктона в русле реки, а основными кормовыми объектами для мирных рыб служат водные беспозвоночные, ведущие малоподвижный образ жизни - перифитон, бентос. Кормовыми объектами для взрослых особей и молоди сибирского осетра в районе нижнего Иртыша служат личинки хирономид, ручейников, поденок, веснянок, а также моллюски, икра и молодь окуня, плотвы, ерша. Основу

питания взрослых особей составляют бентосные личинки хирономид, а также двусторчатые моллюски родов *Sphaerium* и *Pisidium*. Ведущее место в питании стерляди принадлежит личинкам хирономид и моллюскам. Стерлядь активно потребляет олигохет, а также личинок мокрецов, ручейников, поденок, веснянок, а ее молодь в первые месяцы после покатной миграции с нерестилиц больше всего потребляет личинок хирономид и ручейников [9].

На современном этапе Обь-Иртышского бассейна, в сравнении с данными 1950-х гг., из спектра питания осетра и стерляди начали исчезать личинки поденок и ручейников, возрастает хирономид и олигохет. Подобное явление, вероятно, связано со снижением численности поденок и ручейников, что вызвано антропогенным загрязнением водоемов, к которому устойчивы личинки некоторых видов хирономид и олигохеты [9].

Молодь нельмы также активно питается зообентосом. Спектр ее питания включает хирономид, ручейников, поденок. Взрослые особи леща являются типичными бентофагами. В спектр их питания входят моллюски, личинки хирономид и поденок, но иногда лещ хищничает. Молодь леща нагуливается в прибрежной зоне и пойменно-соровой системе рек, питаясь при этом зоопланктоном. Один из самых массовых видов рыб семейства карповых плотва - типичный эврифаг, который обладает высокой пищевой пластичностью, поскольку потребляет все доступные виды водных гидробионтов, включая растительность. Подобно плотве, эврифагом является и язь, наиболее активно питаясь в устьевых участках рек.

Хозяйственная деятельность в бассейне Иртыша является мощным фактором преобразования его экосистемы. Результаты мониторинга р. Иртыш от границы с Казахстаном до устья в 2003 г. показали, что на всем протяжении содержание загрязняющих веществ превышает ПДК: Fe – в 1,5-10 раз, Mn – в 7-22 раза, Cu – в 4,8-35 раз, Zn – в 1,5-20 раз, НП – в 1,2-8,5 раза, фенолы – в 2,2-3,8 раза. В створе с. Татарка - граница с Казахстаном: НП – 6 ПДК, Fe и Cu – 4 ПДК, Zn – 2 ПДК, Mn – 16 ПДК.

Основными загрязняющими веществами Нижнего Иртыша являются фенолы, нефтепродукты, аммонийный и нитритный азот, в меньшей степени пестициды, ионы Al и тяжелых металлов - Fe, Mn, Cu, Zn, Cr и др. В районе г. Тобольска содержание ЗВ колеблется в следующих пределах: нефтепродукты - 7-74 ПДК, фенолы - 2-7 ПДК, ионы железа - 9-19 ПДК, меди - 2-34 ПДК, цинка - 2-7 ПДК, марганца - 3-24 ПДК, азот нитритный – 2-6 ПДК. Повышенное содержание в воде железа, марганца, меди, частично фенола имеет как природный, так и техногенный характер [2; 4].

### **Материал и методика**

Исследования реки Иртыш в нижнем течении проводились в период открытой воды

2012-2015 гг. (рис. 1).

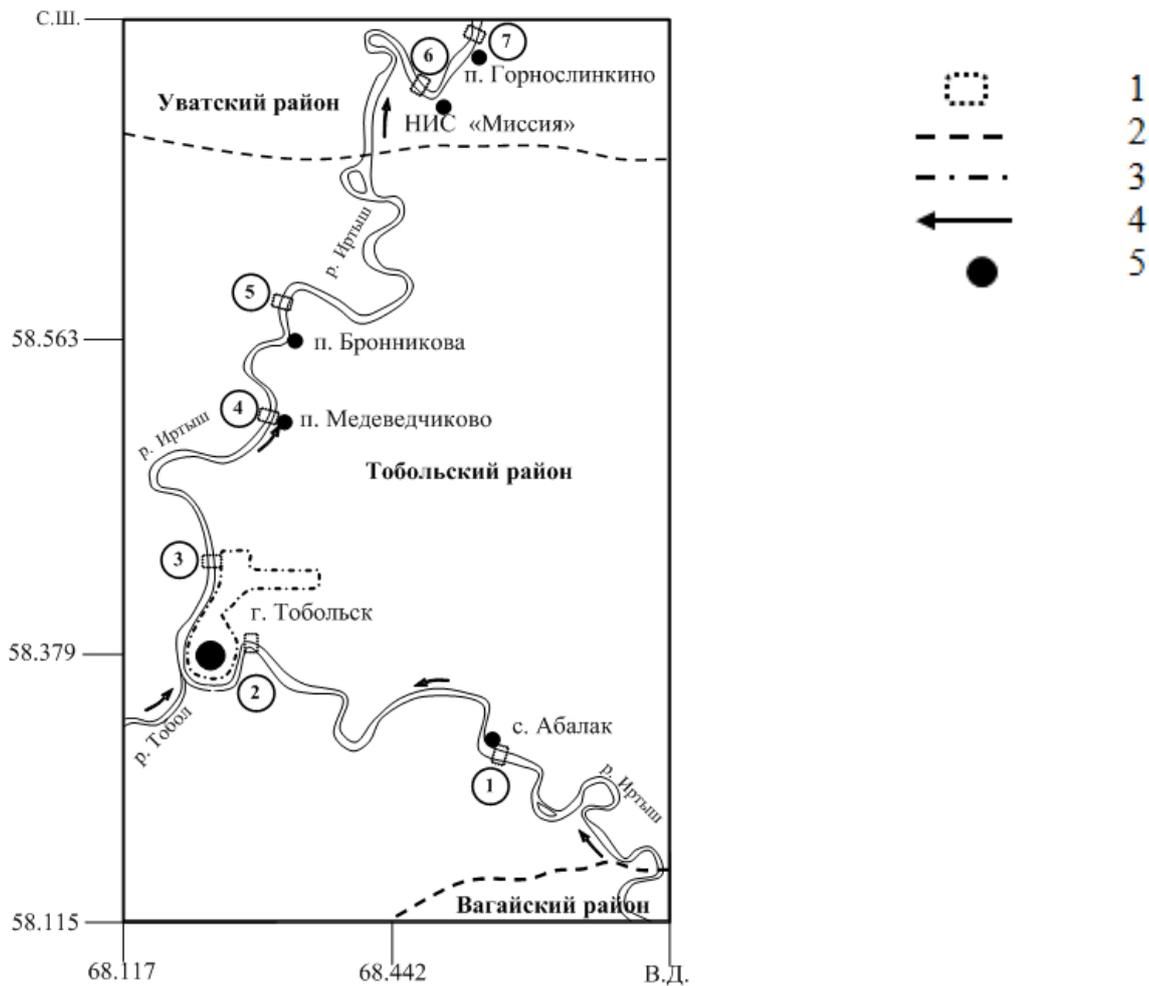


Рис. 1. Карта-схема района исследований (масштаб 1:500000)

(1 - станции отбора проб бентоса, донных отложений; 2 - границы муниципальных районов; 3 - границы г.Тобольска; 4 - направление течения реки; 5 - населенные пункты)

Исследования проводились на участке р. Иртыш (179 км) в пределах Тобольского и Уватского районов Тюменской области (699-520 км), в русле реки, в том числе и в районе Горнослинкинской русловой ямы. На этом участке р. Иртыш имеет ширину русла более 500 м, среднюю глубину 7-10 м. Горнослинкинская русловая яма расположена в координатах: N 58° 44'; E 68° 41'. Акватория этого уникального водного объекта в период паводка превышает 100 га, а глубина достигает 50 м.

Ниже представлена характеристика створов отбора проб (таблица).

Характеристика створов отбора проб по руслу р. Иртыш

№ створа, разрез	Район	Расстояние от устья, км	Характер грунтов		
			левый берег	стрежень	правый берег
1, выше п. Абалак	Тобольский	699	глинистый	песчаный	песчаный
2, выше г.Тобольск (п. Бизино)	Тобольский	672	илисто-песчаный	песчано-илистый	песчано-илистый
3, ниже г. Тобольска (район Речного порта)	Тобольский	652	илистый	песчано-илистый	песчано-илистый
4, район п. Медведчикова	Тобольский	624	илистый	песчано-илистый	илисто-песчаный
5, ниже п. Бронниково	Тобольский	608	илисто-песчаный	песчано-илистый	песчано-илистый
6, выше научно-исследовательского стационара «Миссия»	Уватский	531	песчаный	песчано-илистый	глинисто-песчаный
7, ниже п. Горнослинкино	Уватский	520	илисто-песчаный	песчано-илистый	илисто-песчаный

Отбор проб донных отложений (ДО) производили стандартными методами. Для отбора проб ДО использовали дночерпатель Петерсена с площадью захвата 0,025 м<sup>2</sup>. Для определения содержания ионов металлов в организмах макрозообентоса использовали атомно-эмиссионный метод с индуктивно-связанной плазмой на спектрометре Optima 7000 DV. Предварительно перед определением выполняли пробоподготовку: для организмов бентофауны брали навеску 4 г высушенных и измельченных проб - не менее 50 мг.

На каждом створе (разрезе) пробы отбирались у левого, правого берега и на стрежне реки. По 2 выемки с каждой точки разреза при помощи обычного и утяжеленного дночерпателя Петерсена с площадью захвата 0,025 м<sup>2</sup>. Грунт промывали через газ-сито № 23, организмы макрозообентоса извлекались и фиксировались 70%-ным этиловым спиртом.

Фиксация и взвешивание производились согласно общепринятой методике [7].

Качественный состав олигохет определяли с помощью методических пособий [8]. Дополнительно для макро- и микроэлементов был рассчитан коэффициент накопления (КБА<sub>до</sub>) веществ в гидробионтах [3; 7], равный концентрации веществ в гидробионтах (С<sub>гидробионт</sub>) по

отношению к концентрации тех же веществ в донных отложениях ( $C_{до}$ ):

$$КБА_{до} = C_{гидробионт} / C_{до}$$

По классификации авторов [3] животные, у которых  $КБА_{до} > 2$ , являются макроконцентраторами,  $КБА_{до} = 1-2$  микроконцентраторами,  $КБА_{до} < 1$  - деконцентраторами.

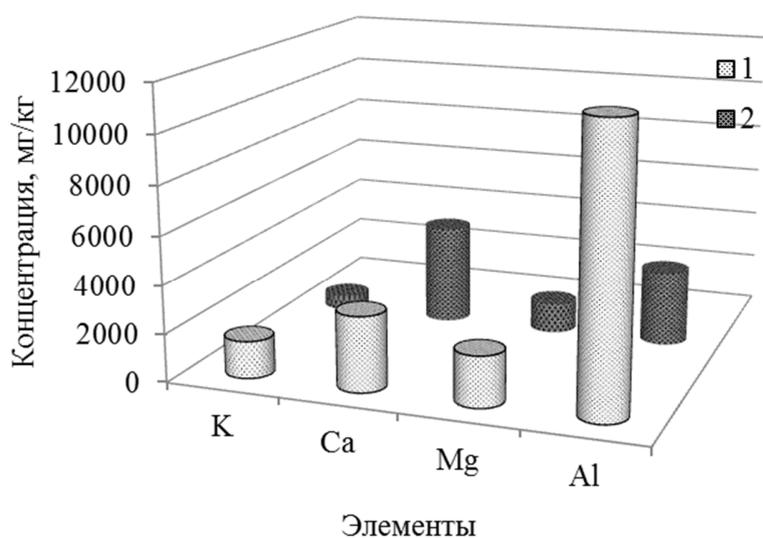
**Результаты и их обсуждение.** Из олигохет в составе макрозообентоса нами были определены 2 вида из 2 родов: *Limnodrilus hoffmeisteri* Claparède, *Tubifex tubifex* O.F. Müller.

Индивидуальная потребность гидробионтов в металлах невелика, и поступление избыточного их количества приводит к острой интоксикации, в частности к тяжелым нарушениям метаболизма, патологии органов и тканей.

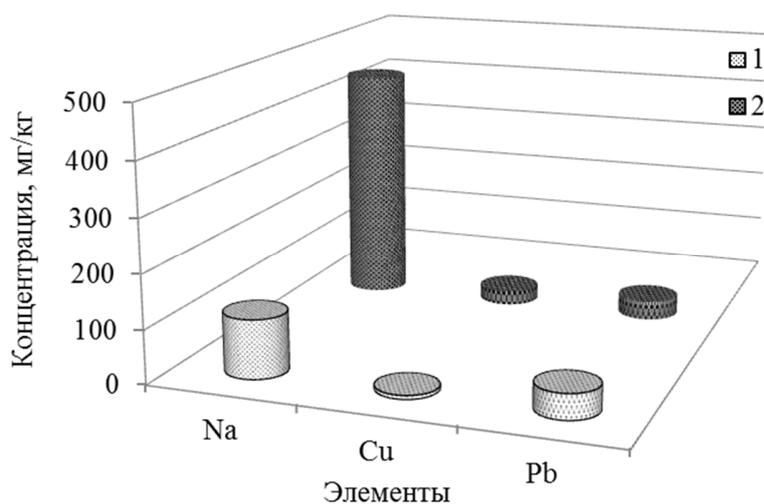
К ионам тяжелых металлов неустойчивы олигохеты, выдерживающие высокое содержание в воде органических загрязнителей. Имеются данные, что тубифициды могут обитать в донных грунтах водоемов при значительных концентрациях меди, ртути, свинца и активно аккумулируют вещества и элементы, содержащиеся в донных отложениях водоема [5; 6].

Представители исследуемой группы содержали K, Na, Ca, Mg, Fe и Al, поскольку эти элементы участвуют в построении тел (внутренних и наружных скелетов), мышечной и нервной ткани, ферментов, в том числе - K, Na, Ca – АТФ, основные неорганические компоненты плазмы крови и гемолимфы, пигментов. Содержание K в среднем на порядок меньше, чем Ca (рис. 2).

Известно, что Zn, Cu, Fe, Mo - важнейшие эссенциальные металлы, входящие в состав большого числа ферментов, катализирующих многие окислительно-восстановительные биохимические реакции, в том числе антиоксидантной системы. Физиологическая роль цинка связана с более чем 300 белками, в том числе ферментами и гормонами, играющими важнейшую роль в питании, развитии и росте организмов. По важности для живых организмов Zn стоит на втором месте после Fe [10].



А



Б

Рис. 2. Среднее содержание макро- и микроэлементов: А - К, Са, Mg, Al; Б - Na, Cu, Pb; 1 - в донных отложениях, мг/кг; 2 - в олигохетах, мг/кг

Также в организмах олигохет обнаруживалась и Cu, столь же необходимая для них. Средняя концентрация Cu – 26,64 мг/кг.

Известно, что Pb является канцерогеном и тератогеном, его соединения очень токсичны. Они оказывают значительное влияние на картину крови и нервную систему, в результате может наступать падение уровня гемоглобина (анемия) и дисфункция нервной системы, вызывающая нарушение работы органов и тканей. Концентрация этого токсиканта в организмах олигохет - до 19,7 мг/кг.

Интересна закономерность того, что олигохеты, как правило, обитая в толще грунта и «прогоняя» его через свое тело, не показывают значительного накопления тяжелых металлов (рис. 2, 3), при этом олигохеты являются достаточно устойчивыми организмами к нефтяному загрязнению.

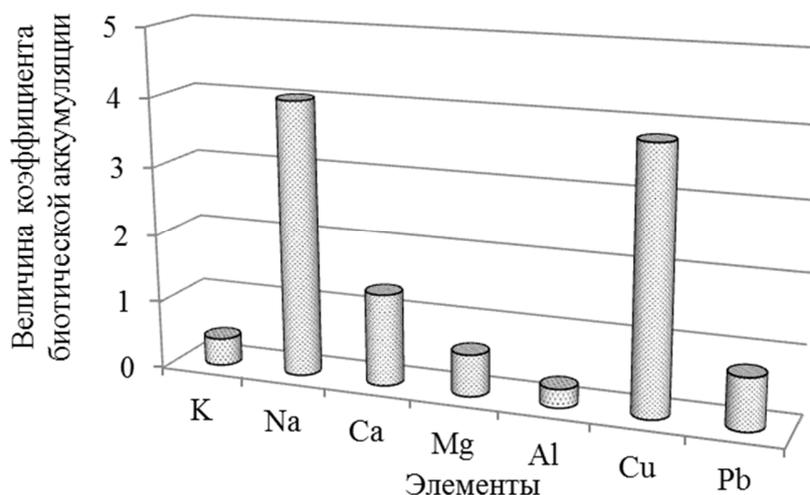


Рис. 3. Коэффициент биотической аккумуляции для олигохет нижнего Иртыша (2013 г.)

Установлена прямая коррелятивная связь между химическим составом донных отложений и химическим составом организмов макрозообентоса рассматриваемых показателей, ранговая корреляция Спирмена составила 0,96, ( $p < 0,05$ ).

Таким образом, в соответствии с классификацией А.М. Никанорова и др. [3] олигохеты *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Tubifex tubifex* являются макроконцентраторами ( $КБА_{до} > 2$ ) для Cu и Na, деконцентраторами ( $КБА_{до} < 1$ ) для K, Mg, Al и Pb (рис. 3).

### Список литературы

1. Винокуров Ю.И. Гидрологические водохозяйственные проблемы Обь-Иртышского бассейна / Ю.И. Винокуров, Г.В. Белоненко, В.П. Галахов, А.Т. Зиновьев // Водные проблемы крупных речных бассейнов и пути их решения : сб. научных трудов Всероссийской конференции. – Барнаул, 2009. - С. 43-59.
2. Ильин Ф.Е. Экологический мониторинг питьевой и поверхностных вод Иртыша и Тобола в районе Тобольска / Ф.Е. Ильин, Ю.А. Даринский // Известия Российского

государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. - 2005. - № 13, том 5. - С. 281-290.

3. Никаноров А.Н. Биомониторинг тяжелых металлов в пресноводных экосистемах / А.Н. Никаноров, А.В. Жулидов, А.Д. Покаржевский. - Л. : Гидрометеиздат, 1985. - 144 с.

4. Экологическое состояние, использование природных данных ресурсов, охрана окружающей среды Тюменской области : обзор. – Тюмень : Департамент недропользования и экологии Тюменской области, 2006. – 145 с.

5. Попченко В.И. Использование донных сообществ в биомониторинге пресных вод // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 1999. - № 2. - С. 212-217.

6. Попченко В.И. Устойчивость малощетинковых червей к химическим загрязнениям / В.И. Попченко, Т.В. Попченко // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 1999. - № 2. - С. 201-203.

7. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / ред. В.А. Абакумов. - Л. : Гидрометеиздат, 1983. - 240 с.

8. Чекановская О.В. Водные малощетинковые черви фауны СССР. — М.; Л. : АН СССР, 1962. - 411 с.

9. Экология рыб Обь-Иртышского бассейна. - М. : КМК, 2006. – 596 с.

10. Barry G.D. Proc. Roy. Soc. / G.D. Barry, H.A.O. Hill, P.I. Sadler, R.S.P. Williams. – London, 1973. - P. 493-504.